



EESTI MAAÜLIKOOL  
Metsandus- ja maaehitusinstituut

**Marko Remmelgas**

**HARVESTERI PONSSE SCORPION KING TÖÖAJA  
ANALÜÜS UUENDUSRAIEL**

**WORK TIME ANALYSIS OF HARVESTER PONSSE  
SCORPION KING IN REGENERATION FELLING**

Bakalaureusetöö  
Metsanduse õppekava

Juhendaja: lektor Vahur Kurvits, *MSc*

Tartu 2019

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Marko Remmelgas		Õppekava: Metsandus	
Pealkiri: Harvesteri Ponsse Scorpion King tööaja analüüs uuendusraiel			
Lehekülgi: 43	Jooniseid: 9	Tabeleid: 4	Lisasid: 5
Osakond: Metsakorraldus ja metsatööstus			
ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: Metsakasvatus, metsandus, metsandustehnoloogia (B430)			
Juhendaja(d): Vahur Kurvits, <i>MSc</i>			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2019			
<p>Läbi ajaloo on metsandusel olnud Eestis väga kandev roll. Eesti maismaast on üle poole kaetud metsaga, mistõttu on metsadest kujunenud ka riigi suurim rikkus nii majanduslikust kui looduslikust aspektist. Et tagada Eesti metsarikkus ning puiduvaru ka tulevastele põlvetele, on metsa uuendamine ning uuendusraie teostamine hädavajalik. Ka antud bakalaureusetöö teema on valitud eelkõige seoses autori huviga metsatööstuse vastu, et näha, kuidas toimub materjali ülestöötamise protsess Eesti saetööstuste jaoks.</p> <p>Käesoleva uurimistöö eesmärgiks on uurida harvesteri Ponsse Scorpion King tööaja jaotust uuendusraiel ning analüüsida, kui kaua aega kulub erinevate tööprotsesside täitmiseks. Uurimisülesannetele vastamiseks teostati töö käigus kahepäevane vaatlus. Tulemuste analüüsimiseks andmed kronometreeriti.</p> <p>Uurimistöö tulemustest selgus, et kokku kõikide uuritud tööfaaside peale kulus harvesteril Ponsse Scorpion King kõige kauem aega tüve töötlemiseks, moodustades kolmandiku kogu tööajast. Sarnaseid tulemusi näitas ka leitud efektiivne tööaeg ning võrdlus kahe teise uurimistööga, kuna tüve töötlemise faas hõlmab endast mitut erinevat tegevust. Sõltumata tööks kasutatava harvesteri mudelist kulus ka raieks positsioneerimise ning langetamise faasile kõikides töödes sarnane hulk efektiivset tööaega. Erinevused tööaja jagunemisel tulenesid seevastu harvesteride ehituslikest omapäradest, raielankidel valitsevatest tingimustest ning puistute erinevusest lankide vahel. Seetõttu võis autori tulemusi teiste uurimistöödega kõrvutades märgata erinevusi nii efektiiv- kui ka kogu tööaja jaotuses nii noole tagasi liigutamise, puhastamise kui ka materjali liigutamise etapis.</p> <p>Antud bakalaureusetööst võib olla kasu kõikidele metsanduse valdkonnas tegutsevatele inimestele ning ettevõtetele, kes soovivad saada paremat ülevaadet harvesteri Ponsse Scorpion King tööaja jaotusest. Ühtlasi aitab käesolev uurimistöö paremini mõista antud harvesteri iseloomu ning eeliseid, mis võib ka ostuprotsessis otsuse langetamist lihtsustada.</p>			
Märksõnad: efektiivne tööaeg, vaatlus, tööaja jaotus			

Estonian University of Life Sciences		Abstract of Bachelor's Thesis	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Author: Marko Remmelgas		Curriculum: Forestry	
Title: Work time analysis of harvester Ponsse Scorpion King in regeneration felling			
Pages: 43	Figures: 9	Tables: 4	Appendixes: 5
Department: Forest Management Planning and Wood Processing Technologies			
Field of research and (CERC S) code: Silviculture, forestry, forestry technology (B430)			
Supervisors: Vahur Kurvits, <i>MSc</i>			
Place and date: Tartu 2019			
<p>Throughout the history, forestry has played a very important role in Estonia. Forests cover over half of the Estonian mainland territory, making forests the biggest national resource from an economic as well as from an ecological aspect. In order to ensure forest resources and timber stocks in Estonia for future generations, the conduct of reforestation and regeneration felling is essential. A topic of this Bachelor's thesis was chosen mostly due to the author's interest in forest industry in order to identify how timber harvesting for sawmill industry is performed in Estonia.</p> <p>The purpose of this research study is to investigate the working time distribution of a Ponsse Scorpion King harvester in regeneration felling, and to analyse the time slots required for the performance of different work processes. To answer the research questions a two-day observation was carried out within this study. A stopwatch study was used for data analysis.</p> <p>Results of the study demonstrate that out of all investigated work phases the longest time slot was spent on stem processing by a Ponsse Scorpion King harvester, forming one third of the total work time. Similar results were also shown by the effective work time determined in this study as well as by the comparison with two other studies as the time meant for stem processing involves a number of different activities. A similar amount of effective work time was also required for positioning-to-cut and felling, regardless of the model of the harvester employed for work. Differences in the working time distribution, on the contrary, resulted from the specific construction features of harvesters, conditions of the cutting areas and differences of the forest stands between the cutting areas. Therefore, differences in the distribution of effective work time and total work time as well as in the stages of boom-in, clearing and moving logs, tops and branches could be noticed while contrasting the results of this study with the results other research studies.</p> <p>This Bachelor's thesis may be beneficial to all people engaged in the domain of forestry as well as enterprises requiring a detailed overview of the work time distribution of a Ponsse Scorpion King harvester. At the same time, this study provides a better understanding of the character and advantages of given harvester model, facilitating decision making in a purchasing process.</p>			
Keywords: effective work time, observation, work time distribution			

# SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	5
1. MEHCHANISEERITUD RAIE AJALUGU .....	7
1.1. Mehhaniseeritud raie algus.....	7
1.2. Sõjajärgne periood.....	9
1.3. Raiemahtude ja metsa- ning uuendusraie tehnoloogia areng Eestis .....	11
2. MATERJAL JA METOODIKA.....	15
2.1. Raielankide kirjeldused .....	15
2.2. Harvester ja lõikepea .....	17
2.2.1. Harvester Ponsse Scorpion King .....	17
2.2.2. Lõikepea Ponsse H7.....	18
2.3. Harvesteri operaator .....	19
2.4. Välitööde metoodika .....	19
2.5. Kameraaltööde metoodika.....	20
3. HARVESTERI TÖÖAJA ANALÜÜSI TULEMUSED .....	23
4. TULEMUSTE VÕRDLUS TEISTE UURIMISTÖÖDEGA .....	27
4.1. Võrdlus Nurminen'i <i>et al.</i> (2006) uurimistööga.....	27
4.2. Võrdlus Holts'i (2006) uurimistööga .....	28
KOKKUVÕTE .....	31
KASUTATUD KIRJANDUS .....	33
LISAD .....	35
Lisa 1. Raielangi VA035, eraldis 3 raie-eelne kirjeldus vastavalt Metsaregistrilt saadud teabele 2011. aasta seisuga.....	36
Lisa 2. Raielangi KS152, eraldis 19 raie-eelne kirjeldus Metsaregistris seisuga 18. detsember 2015 .....	37
Lisa 3. Raielangi KS153, eraldis 5 raie-eelne kirjeldus Metsaregistris seisuga 20. juuli 2016.....	38
Lisa 4. Harvester Ponsse Scorpion King tehnilised andmed.....	39
Lisa 5. Harvesteri lõikepea Ponsse H7 tehnilised andmed.....	41

## SISSEJUHATUS

Läbi ajaloo on metsandusel olnud Eestis väga kandev roll. Eesti maismaast on üle poole kaetud metsaga, mistõttu on metsadest kujunenud ka riigi suurim rikkus nii majanduslikust kui looduslikust aspektist. Ühtlasi on see võimaldanud ka metsa- ja puidutööstusel kiiresti areneda, kujundades sektorist ühe kõige kõrgema käibega tööstusharu (Metsa- ja... 2016). Et tagada Eesti metsarikkus ning puiduvaru ka tulevastele põlvetele, on regulaarne metsa uuendamine ning uuendusraie teostamine hädavajalik.

Selleks, et raieid lihtsamaks ja efektiivsemaks muuta, kasutatakse metsades peamiselt metsatöömasinaid, eelkõige aga harvestere. 2006. aasta andmete järgi oli Eestis registreeritud 147 harvesteri, mille abil teostati ligi 70% uuendus- ning 30% harvendusraietest. (Muiste *et al.* 2006: 169) 2019. aasta seisuga on harvesteride arv jõudsalt kasvanud, küündides hinnanguliselt 300 ligi (Alvela 2019). Metsamasinade kõrge tootlus ning kasvav töökindlus võimaldab töid katkematult teostada, tagades seeläbi ka pideva puiduvaru töötlevale tööstusele. Ühtlasi aitab harvesteride kasutamine raieetöödel kulusid oluliselt kokku hoida. Masinad ei ole sõltuvad ilmastikutingimustest, haigustest ning muudest inimtööjõudu mõjutavatest teguritest, samuti ei kaasne nende kasutamisega tööjõukulusid. Ka antud bakalaureusetöö teema valik on ajendatud eelkõige autori huvist metsatööstuse vastu, et saada ülevaade, kuidas toimub materjali ülestöötamise protsess Eesti saetööstuste jaoks.

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks on uurida harvesteri Ponsse Scorpion King tööaja jaotust uuendusraiel ning analüüsida, kui kaua aega kulub erinevate tööprotsesside täitmiseks.

Töö eesmärgi saavutamiseks on püstitatud järgmised uurimisülesanded:

- 1) Kirjeldada mehhaniseeritud raie ajalugu ning arengut.
- 2) Anda ülevaade raiemahtude ning metsa- ja uuendusraie tehnoloogia arengust Eestis.
- 3) Analüüsida harvesteri Ponsse Scorpion King tööaja jaotust uuendusraiel ning tuua välja iga protsessi sooritamiseks kuluv aeg.
- 4) Võrrelda saadud tulemusi varasemalt tehtud sarnaste töödega.

Bakalaureusetöö teoreetiline osa on üles ehitatud teiseste andmete põhjal. Sealhulgas on kasutatud nii varasemalt välja antud teaduspõhiseid artikleid kui ka teisi trükiseid ja uurimistöid. Töö empiiriline osa toetub eelkõige esmastele allikatele. Andmete kogumiseks korraldati kahe päeva jooksul valitud raielankidel vaatlus, mida salvestati Prestigio Road-Runner 585 kaamera abil. Seejärel toimus andmete kronometreerimine, mis võimaldas erinevatele tööoperatsioonidele kulunud aega võrrelda ning tulemusi üksteisega kõrvutada.

Käesolev bakalaureusetöö koosneb neljast peatükist. Töö teoreetilises osas kirjeldatakse mehhaniseeritud raie ajalugu ning selle arengut kogu maailmas. Ühtlasi antakse ülevaade ka raiemahtude ja mehhaniseeritud raie arengust Eestis. Bakalaureusetöö empiirilises osas kirjeldatakse esmalt materjale ning metoodikat, mille alusel tulemusi koguti ning analüüsiks ette valmistati. Seejärel tuuakse välja saadud tulemused ning nende analüüs. Viimases peatükis kõrvutatakse saadud tulemusi teiste sarnaste varasemalt tehtud tööde andmetega.

Töö autor tänab ettevõtet OÜ Kaljumets, kes oli andmete kogumisel ning vaatluse korraldamisel suureks abiks, võimaldades seeläbi ka antud bakalaureusetöö koostada. Samuti avaldab töö autor tänu oma juhendajale, kes aitas töö valmimisele oma märkuste ning ettepanekutega igakülselt kaasa.

# 1. MEHHANISEERITUD RAIE AJALUGU

## 1.1. Mehhaniseeritud raie algus

Tuhandeid aastaid kasutasid inimesed enda ja loomade lihasjõudu, et puit metsast välja tuua ning kasutada seda nii kütteks, saematerjaliks, paberiks kui ka muudeks vajadusteks. Töömahu vähendamiseks ning vaeva kergendamiseks hakati ajapikku mõtlema efektiivsemate ja lihtsamate lahenduste peale. Kuna vesi on puidu transpordil kättesaadavaks ja sobivaks keskkonnaks, sai puidukaubanduse areng alguse eelkõige jõgede, järvede ja ookeanite ääres. Ka esimesed saeveskid töötasid vee jõul ning parimad ja kõige ligipääsetavamad puistud asusid jõgede ja ojade kallastel. Kuni esimeste raiemasinate leiutamiseni 19. sajandi viimasel poolel läheneti probleemile üle kogu maailma samal viisil. (Drushka, Konttinen 1997: 21)

Koos raudteetranspordi arenguga kadus vajadus kasutada loomjõul põhinevat metsalangevusviisi – selle asendasid auru jõul töötavad masinad. Rekonstrueerimise perioodil pärast Ameerika kodusõda aastatel 1861-1865 loodi raudteeliinide süsteem üle kogu Põhja-Ameerika kontinendi. Paljudes Ameerika Ühendriikide piirkondades said raudteettevõtted toetuseks suuri riigimetsa alasid, et ajendada neid liine ehitama. Raudtee andis juurdepääsu ka puistutele, kuhu polnud võimalik palkide jõel ujutamise meetodiga läheneda. (Drushka, Konttinen 1997: 24)

Vintskokkuvedu (*cable logging*) oli esimeseks olulisemaks mehhaniseeritud raie tehnoloogiaks, olles 1882. aastal loodud spetsiifiliselt puidu ülestöötamiseks. Tehnoloogiat arendati põhiliselt kahes piirkonnas: Ameerika Ühendriikide lõunarannikul ja Vaikse ookeani rannikul. Piirkondade nõudlike tingimuste tõttu tuli suuri palke lohistada üle märgade ja soiste alade, kus maapind ei külmunud talvel raielubade väljastamiseks piisavalt. Seetõttu sai ka vintskokkuveo algataja, Californias asuva Eureka saematerjaliettevõtte osaniku John Dolbeer'i poolt patenteeritud auru jõul töötav vints koos kahe horisontaalse trumliga ülemaailmselt tuntuks. Mõned aastad peale sajandivahetust hakkas tuntust koguma aga juba uus raiemeetod, täpsemalt *high lead* raie (*high lead logging*). Antud meetod tõstis palgi eesotsa kahe kaabli ning kahe vintsi abil õhku, liigutades seda üle kändude ja muude takis-

tuste. Kuna kokkuveomasin muutus tehnika arenedes samuti järjest suuremaks ja võimsamaks, muutus ka *high lead* raie väga efektiivseks ning populaarseks meetodiks. (Drushka, Konttinen 1997: 25-26)

1920. aastateks olid auru jõul töötavad masinad nii keerukuselt kui arengult jõudnud oma limiitideni. Sel ajal toimus ka pidev tselluloosi- ja paberitööstuse laienemine, tekitades vajaduse uute ning paremate raieseadmete järele. Mehhaaniliseks innovatsiooniks, mis andis kõige rohkem lootust uueks suunaks metsanduses, oli sisepõlemismootor. Sisepõlemismootoritel oli palju kõrgem võimsuse, massi ning suuruse suhe kui aurumootoritel. Seetõttu nähti ka 1920.-30. aastatel suurt vaeva, et kohandada seda uut mehaanilise energia vormi erinevatesse raiefaasidesse. Raietööliste jaoks rakendati uut mootorit esmakordselt läbi elektrigeneraatori. Varasemalt oli raietööliste elu määratud päikesetõusu ja loojangu järgi. Läbi talvekuude tähendas see lühikesi tööpäevi, öhtud olid aga tumedad ja pikad. Elektrigeneraatorite kasutuselevõtt muutis seda rütmi drastiliselt, valgustades majasid, remonditöökodasid ja muid väliseid alasid just siis, kui seda vajati. See uuendus suurendas ka tööpäeva pikkust, mis pani aluse vahetustega tööle. (Drushka, Konttinen 1997: 45-46)

Sisepõlemismootoriga masin, mis muutis kõige tugevamalt metsaraie iseloomu üle Põhja-Ameerika, oli roomiktraktor. Roomiktraktor, mida tuntakse sõltumata brändist laialdaselt ka nimede all Cat või Caterpillar, kasvas välja kahe eraldiseisva traktori – auraveduri ning ratastega aurutraktori – arengu läbi. Esialgu asendasid roomiktraktorid puidu lohistamisel ühest kohast teise eelkõige hobuseid, kuid hiljem ka teisi jõuallikaid. Masinate lisavarustuse tehnoloogia arenes kiiresti, lisaks suurenes ajaga ka uute roomiktraktorite kohandatavus. See andis võimaluse lisada masinatele mitmesuguseid lisaseadmeid, mis aitasid tööprotsessi veelgi lühendada ning oluliselt lihtsustada. (Drushka, Konttinen 1997: 47-48)

Enne Teise maailmasõja algust oli üheks viimaseks mehhaniseerimata valdkonnaks puude langetamine ning järkamine ehk palkide sobivasse pikkusesse lõikamine. Seda ülesannet püüti lahendada mootorsae leiutamisega. Esmalt alustas 1916. aastal üks Rootsi ettevõtte nimega Sector kahemehesaagide ehitusega. Need koosnesid mootorist, mis olid ühendatud meetripikkuse veovõlli abil U-tähe kujulise rullikutega saeplaadiga, millel liikus lõikekett. Mõned aastad hiljem jõudis turule ka teine Rootsist pärit saag nimega Gerber. Üks esimesi Euroopast pärit saage, mis leidis ka Põhja-Ameerikas laialdast kasutust, oli Rinco, mida ehitati Lubanis, praeguse Poola Vabariigi territooriumil. Lisaks kõrgele võimsuse ja massi suhtele võimaldas masina mootor töötamist ka horisontaalses asendis ning tänapäevast



tüüpi lõiketerade kasutamist. Perioodi enim arenenud mootorsaed olid aga pärit Saksa-  
maalt. Üks kõige vastupidavamatest saagidest töötati välja Saksa leiutaja Emil Lerp'i poolt  
1927. aastal. Oma esialgse edu põhjal rajasid Lerp ja Alfonso Lang juba 1930. aastal ka  
masinavabriku Hamburgis, kus esimesel aastal pakuti seitset erinevat mudelit mootorsaage.  
Neli neist olid ka elektrilise mootoriga. Üks ehk kõige edukamatest mootorsaagidest oli  
aga Stihl, mis tuli esmakordselt turule 1926. aastal. Andreas Stihl'i poolt 1930. aastal loo-  
dud bensiinil töötav mootorsaag leidis suurt edu erinevates maailmaosades. (Drushka,  
Konttinen 1997: 52-53) Ühtlasi on kaubamärk tuntud ja tunnustatud ka tänapäeval.

1920.-30. aastatel toimunud tehnika areng omas tööstusele suurt mõju. Paljudes regiooni-  
des, eelkõige Euroopa ja Ameerika põhjapoolsemates metsades muutus raie järjest rohkem  
tööstuslikuks. Palkide transport ei olnud enam niivõrd sõltuv tugevatest lumesadudest, ma-  
dalatest temperatuuridest ega kevadisest suurveest. Seeläbi ei omanud ka aastaajad niivõrd  
suurt tähtsust. Metsaraie muutus täiskohaga tööks ja tõmbas ligi rohkem pühendunud tööli-  
si. II maailmasõja saabumine tõi metsaraie seadmete mehaanilisele arengule aga järsu lõpu.  
Kuigi sõda ise tõi kaasa mitmeid tehnilisi edusamme, mis leidsid hiljem rakendust ka met-  
saraiemasinatele, polnud kaks kümnendit kestnud tehnika arengut kuni sõja lõpuni võimalik  
jätkata. Erandiks oli vaid mootorsaagide areng. (Drushka, Konttinen 1997:54)

## **1.2. Sõjajärgne periood**

Peale Teist maailmasõda oli olukord kogu maailma metsades ning metsatööstustes oluliselt  
halvenenud. Euroopa ja Aasia metsad olid tõsiselt kahjustatud ning varajases rekonstruk-  
tsioonifaasis rüüstati neid veelgi. Metsatööstus nagu ka majandus oli antud piirkondades  
killustunud. Mootorsaagide areng aga jätkus ning juba 1950. aastal loodi Euroopas esime-  
ne Rootsi päritolu ühemehe mootorsaag, mille nimeks sai Bebo. Algas suur võitlus turu  
pärast, kus osalesid erinevad Rootsi ettevõtted, nagu näiteks Tornado, Typhoon ja  
Husqvarna. Lääne-Saksamaa jätkas Stihl'i ja Lerp'i poolt loodud saagide eksportimist,  
Soomes aga loodi riigimanduses olnud ettevõttes Valmet elektriline saag Kita. (Drushka,  
Konttinen 1997: 69-71) Sellest hoolimata kasutati mootorsaage suhteliselt vähe, seda pea-  
miselt nende kõrge hinna ning suure massi tõttu, mis muutis nende kasutamise keeruliseks.  
Seepärast jätkati enamasti käsisaie ning kirve kasutamisega. (Kurvits 2003) Töid teostati

peamiselt talvel, kuna teisi töid ei olnud sel ajal vaja teha. Ühe metsatöölise päevane produktiivsus töötades hommikuvalgest õhtuhämaruseni oli 2-3 tihumeetrit. (Müürisepp 1998: 5) Laialdaselt hakati mootorsaage kasutama alles 1957. aastal. (Kurvits 2003)

1950. aastatel ilmusid metsatöödele esmakordselt appi ka traktorid. Esimesteks kasutatavateks traktoriteks olid talviti põllutööst vabad olevad põllumajandustraktorid. (Kurvits 2003) Järgmiseks faasiks oli nende kohandamine raietöödeks. 1952. aastal esitleti Eskilstuna linnas põllumajanduslikul näitusel Volvo poolt loodud poolroomikutega BM-10 traktorit. Antud masin sai palju tähelepanu ja julgustas ka teisi tootjaid traktoreid metsaraie jaoks kohandama. (Drushka, Konttinen 1997: 73) Järgmiste aastakümnetega hakkasid raiemasinad kiiresti arenema. Juba 1960. aastatel töötati välja ning võeti kasutusele mehaanilised tõstukid, mis lihtsustasid puidu laadimist ning liigutamist ühest kohast teise. 1970. aastad tõid endaga kaasa aga esimesed langetus- ja laasimismasinad (Kurvits 2003). Kuigi viimase prototüüp oli valminud juba 1953. aastal Soomes, sobis see kasutamiseks ainult puudel, mille diameeter jäi alla üheteistkümneme sentimeetri (Drushka, Konttinen 1997: 75-76). Ühtlasi olid sel ajal masinad ka küllaltki väikese tööjõudlusega ning kasutatavad vaid üheoperatsioonilistena, mistõttu oli neid vaevuline raietööl rakendada (Kurvits 2003). Seega sõltusid kõik senised lähenemised metsaraiele olemasoleva traktori või traktori lisaseadmete kohandamisest. Kuigi masinad kiirendasid raieprotsessi, olid need siiski tohutult aeglased ning liiga kallid, et leida laialdast heakskiitu. (Drushka, Konttinen 1997: 75-77) Ühtlasi tuli tööde teostamiseks kasutada mitmesuguseid erinevaid masinaid, mis tõid endaga kaasa nii suurema aja- kui rahakulu (Alvela 2019: 28). Tarvis oli masinat, mis oli spetsiifiliselt disainitud ning ehitatud raietööl kasutamiseks (Drushka, Konttinen 1997: 77).

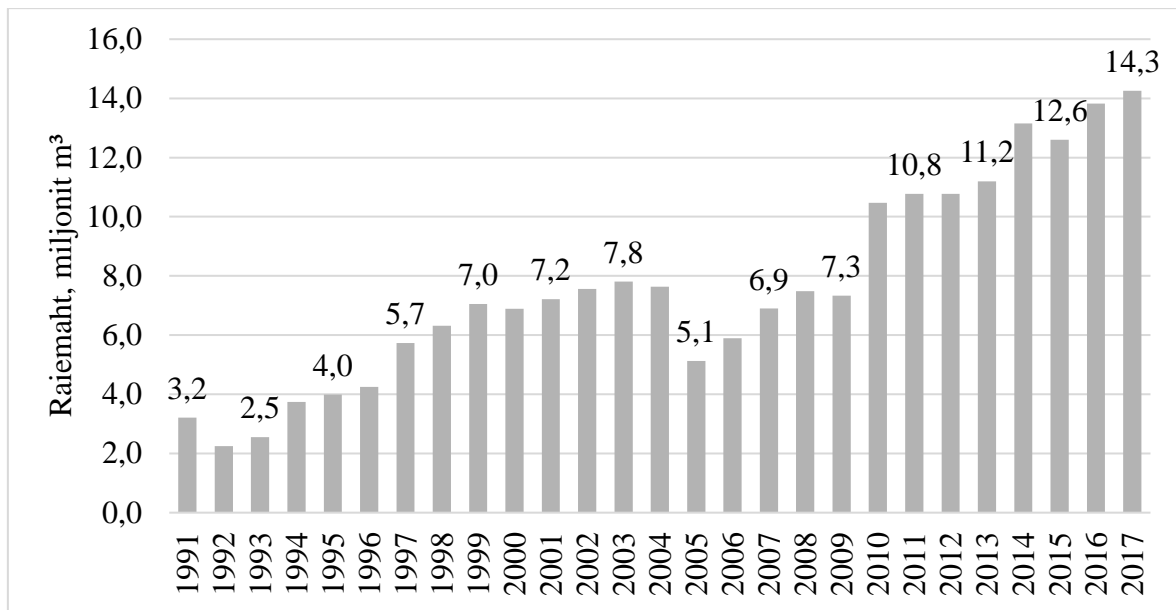
Mitut toimingut täitvad masinad jõudsid turule alles 1980. aastate saabumisega. Selleks ajaks olid loodud nii-öelda kahehaardelised harvesterid, mis võimaldasid haarata esmalt langetuspeaga puu tüvest, teostada langetuslöike ning seejärel tõsta puu samal alusvankril olevasse laasimis- ning järkamismasinasse. (Kurvits 2003) Tänapäeval üldtuntud harvester loodi aga 1986. aastal Soomes, kui arendati välja nii-öelda kompaktne harvesteripea. Antud tööriist võimaldas puid nii järgata, laasida kui virnastada, arvestades samal ajal tehtud töö parameetrite ja sortimendiga. (Alvela 2019: 28) Alates sellest ajast täidab harvesteripea ka kõik vajalikud tööoperatsiooni osad (Kurvits 2003).

Edaspidi on harvesteride arendamisel pööratud tähelepanu eelkõige elektroonika täiustamisele, et tagada iga järgmise masinapõlvkonna paremad omadused ning parameetrid (Kur-

vits 2003). Pidev tootearendus võimaldab tööd teha nii mugavamalt kui ka oluliselt täpsemalt kui varem (Alvela 2019). Seega on harvesteri areng mehhaniseeritud raie ajaloos toimunud eelkõige viimaste aastakümnete jooksul, mistõttu võib öelda, et tegu on küllaltki uue tehnoloogiaga maailma metsades.

### **1.3. Raiemahtude ja metsa- ning uuendusraie tehnoloogia areng Eestis**

Peale Teist maailmasõda on Eesti metsade pindala olnud pidevas suurenemises. Selle põhjuseks on olnud kas alade tahtlik või tahtmatu metsastamine ning kuivendamine, mis tähendas, et metsad said laieneda ka varasemalt soistele või liigniisketele aladele. (Kurvits 2003) Tänapäeval ulatub Eesti metsade puidutagavara pea 500 miljoni tihumeetrini. 2016. aastal oli metsade puiduvaru 481 miljonit tihumeetrit. (Eesti statistika... 2016) Seoses sellega on ka raiete mahud ajapikku oluliselt suurenenud. Nõukogude aja lõpul oli raiemahtude suurus aastas kuni 2,5 miljonit kuupmeetrit. (Kurvits 2003) Vaadeldes ka kogu Eesti raiemahtu taasiseseisvumisest kuni 2017. aastani, võib näha raiemahtude pidevat tõusu (MM04). Seda ilmestab ka joonis 1. Saeveskite järkjärguline rajamine ning töö kvaliteedi paranemine võimaldas suurendada ka raiemahte. Ühtlasi ei eksporditud enam niivõrd palju puitu välismaale. (Muiste *et al.* 2006: 167) Eriti kiire tõus toimus aastatel 2009-2010, mil raiemahud tõusid lausa 3,2 miljoni kuupmeetri võrra. Aastaks 2017. olid raiemahud aga juba 14,3 miljonit kuupmeetrit aastas. (MM04)



**Joonis 1.** Kogu Eesti koguraie raieaht (seisuga 11. juuni 2018) raiedokumentide alusel aastatel 1991-2017 (MM04).

Eesti metsade levinuimateks puistuteks on männikud ning kaasikud, millest mõlemad moodustavad üle 30% puistute kogupindalast. Kolmandaks kõige levinumaks puistuks on kuusikud, mis võtavad enda alla ligi 16,9% puistute kogupindalast. (Eesti statistika... 2016) Seega on okasmetsade osakaal Eestis üsna suur. Ühtlasi on Kurvitsa sõnul arvestatav osa nendest hetkel keskeas või valmimas, jõudes peagi uuendusraie ikka (Kurvits 2003).

Eesti ajaloos on metsa majandamiseks olnud kõige vanemaks ning traditsioonilisemaks vahendiks metallkirves. Kirvest kasutati nii puude langetamiseks, laasimiseks, tükeldamiseks kui ka puu vääristamiseks. Kuni esimeste kahemehesaagide ilmumiseni 19. sajandi keskpaigas olidki kirved ainsateks metsatööriistadeks. Hiljem kasutati neid vaid puude laasimiseks – loodud saag oli langetamisel ning tükeldamisel kirvest oluliselt tõhusamaks abivahendiks. (Kütt 2016)

Kuigi mootorsaag leiutati juba 20. sajandi alguses, võeti see Eesti metsades kasutusele alles 1930. aastatel, sedagi hoopis kaitseväge poolt. Esialgu võeti kasutusele Saksamaa firma Stihl bensiinmootoriga saed. Tööd masinaga raskendas aga selle suur kaal ning väike töökindlus, mistõttu laialdast kasutust masin ei leidnud. Saabunud nõukogude aeg tõi tagasi hoopis traditsioonilised lahendused, mis paraku tollaste, kvantiteedile suunatud metsanduspoliitika põhimõtetega kokku ei sobinud. Nii alustati Eestis 1955. aastal, kui mujal maailmas toimus juba traktorite võidukäik, taas mootorsaagide kasutamisega. Laialt olid

levinud eelkõige Družba nime kandvad mootorsaed. 1960. aastatel toimunud tormiline areng võimaldas aga juba kümme aastat hiljem soetada uued ning moodsamad Husqvarna mootorsaed, mis olid võrreldes eelkäijaga oluliselt efektiivsemad. Rootsi saed kogusid populaarsust üle kogu maailma, saades ka Eesti metsameeste hulgas ihaldusväärteteks tööriistadeks. (Kütt 2016)

1970. aastad tõid endaga kaasa kiire arengu ka raie masinate alal. Esimeste laasimis- ning järkamis masinate loomine tõi kaasa olulise arengu ülestöötamise jõudluses. (Müürisepp 1998: 7) Nõukogude ajal oli Eesti metsamajandites tavapäraseks raie meetodiks täistüve meetod, mille käigus suunati töö käigus langetatud puud otse langil laasimis masinasse. Edasi liikusid töödeldud puud kokkuveo masinate abil nii-öelda lõppladudesse, kus toimus nende järkamine ja töötlemine. Esialgu laaditi tüved autodele külgladijate abil, hiljem võeti kasutusele väljaveo autodele asetatud tõstukid. (Kurvits 2003) Erinevate masinate kasutamise tegi aga problemaatiliseks nende suur mass ning lai kere, mis hävitas kogu eluslooduse masinate all ning muutis ka nende tööamise keeruliseks. Lahendusena paigutati juba 1970. aastate lõpus nii langetus- kui järkamis- ja laasimis masin ühele alusele, mis võimaldas tänu oma kompaktsusele teostada väiksemate järelmõjudega mitmeid tööprotsesse. Masinat ennast hakati kutsuma harvesteriks. Aastate jooksul said harvesterid endale veelgi täiendusi – järkjärgult loodi nii kahe- kui ühehaardeline harvester. Ka 1990. aastad kujunesid peamiselt olemasolevate masinate täiustamisele ning täpsuse parandamisele. (Müürisepp 1998: 7-9) Kaasaegsete harvesteride kasutuselevõtt lõpetas enne Eesti taasiseseisvumist ka täistüve meetodi kasutamise Eesti metsamajandides. Selle asemel hakati eelistama ülestöötamise meetodit, mille puhul viiakse tüved koheselt tööstusesse. Kui tüveste vedu võib Kurvitsa sõnul olla antud meetodi puhul keerukas, võimaldab see puistutööstusettevõtetele paremini oma toodangut optimeerida. (Kurvits 2003)

Tänu harvesteride pidevale arendamisele ning täiustumisele on masin Eesti riigimetsades väga olulisel kohal (Kütt 2016). Kaasaegse raie masinaga saab ühes aastas üles töötada 30000 kuni 60000 tihumeetrit metsamaterjali, mida on üle 100 korra rohkem võrreldes 1940. aastal tegutsenud metsamehe jõudlusega (Müürisepp 1998: 9). Eestis suudab üks harvester teha ära umbkaudu 15 saemehe töö (Alvela 2019). Ka uuendusraiel on harvesterist kujunenud asendamatu tööriist, võimaldades kõiki raie töid terves ulatuses mehhaniseerida. Esmalt langetab harvester tema ees planeeritava kokkuveoteel kasvavad puud. Erinevate teede vahekaugus sõltub omakorda nii puistu iseloomust kui ka masina noole ulatu-

sest. Enamasti jääb see 16 kuni 20 meetri vahele – sellega garanteeritakse raiemasina kõikide tööprotsesside teostamine turvaliselt ning ühes kohas, suurendades sel viisil ka tehtava töö efektiivsust. Puude laasimine toimub kokkuveoteede kohal. Kukuvad oksad moodustavad masina ja pinnase vahel kaitsva kihi, mis tagab looduskeskkonna säilimise masina rataste all. Mööda oksavallidega kaetud teed sõidab hiljem ka kokkuveotraktor. Puud langetatakse kokkuveoteega laasimisprotsessi lihtsustamiseks risti, ka virnad asetatakse sarnaselt. Kui kokkuveoteel kasvab puu harvesterist paremal pool, langetab masin selle samal poolel, paigutades sortimendid vasakule poolele. Harvesterist vasakul kasvavate puudega toimitakse vastupidi – sortimendid liiguvad paremale ning langetatud puud vasakule. (Kurvits 2004)

Masinate suur võimsus ning järjest suurenev töökindlus on harvesteri suureks eeliseks teiste metsamasinade ning ka inimeste tehtud töö ees. Harvester suudab ilma pausideta sooritada mitme inimese töö, lisaks ei nõua masin tööjõumaksude tasumist. Seni pole Eestis harvesteridele ka piiranguid kehtestatud – ainsana on seatud riigimetsas töötava masina piirvanus, milleks on viis aastat. (Alvela 2019) Seega võib eeldada, et harvesteride võidukäik nii Eesti kui kogu maailma metsades jätkub veel mitmete aastakümnete jooksul.

## 2. MATERJAL JA METOODIKA

### 2.1. Raielankide kirjeldused

Kõik uuritud raielangid asusid Eestis, Tartu maakonnas. Esimene raielank asus Peipsiääre vallas kvartalis VA035, eraldisel 3, katastritunnusega 86101:004:0012. Teine ja kolmas raielank asusid Kastre vallas kvartalis KS152, eraldisel 19 ja kvartalis KS153, eraldisel 5. Teise ja kolmanda raielangi ühiseks katastritunnuseks on 50101:007:0007.

Peipsiääre vallas asuva raielangi raie-eelsete takseerandmete saamiseks tegi töö autor 10. mail 2018 Riigimetsa Majandamise Keskusele (RMK) päringu, et koguda teavet varasema puistu seisukorra kohta, kuna Metsaregistris olnud teavet oli vahepeal uuendatud. Päringu vastuseks saadud andmed on toodud ära lisas 1. Ülejäänud eraldiste puhul koguti andmed 02. aprillil 2018 Metsaportaali Metsaregistrist.

Toetudes Metsaregistrist saadud andmetele, oli esimese, Peipsiääre vallas asuva raielangi pindala 6,73 hektarit, peapuuliigiks arukask (lad k *Betula pendula*), kasvukohatüübiks an-gervaksa ja boniteediklassiks 1 (tabel 1). Lisaks leidis esimeses rindes musta leppa (lad k *Alnus glutinosa*) ja harilikku kuuske (lad k *Picea abies*).

**Tabel 1.** Raielangi VA035, eraldis 3 takseerikirjeldus (lisa 1)

Rinne	Osakaal (%)	Puuliik	Vanus (a)	Kõrgus (m)	Läbimõõt (cm)
1	65	arukask	65	23,0	18,0
1	30	must lepp	65	23,0	19,0
1	5	harilik kuusk	65	23,0	22,0

Teise raielangi puhul oli Metsaregistri andmebaasis märgitud eraldise pindalaks 1,8 hektarit. Raielangi peapuuliigiks oli arukask, kasvukohatüübiks naadi ja boniteediklassiks samuti 1 (tabel 2). Lisaks kasele leidis esimeses rindes veel haaba (lad k *Populus tremula*), harilikku kuuske ja musta leppa. Detailsemad Metsaregistri andmed antud langi kohta on toodud välja ka lisas 2.

**Tabel 2.** Raielangi KS152, eraldis 19 takseerikirjeldus (Metsaregister... 2019)

Rinne	Osakaal (%)	Puuliik	Vanus (a)	Kõrgus (m)	Läbimõõt (cm)
1	49	arukask	87	30	29
1	47	haab	87	34	39
1	3	harilik kuusk	87	25	30
1	1	must lepp	87	28	33
2	100	harilik kuusk	52	16	18

Kolmanda raielangi puhul oli Metsaregistri andmetel eraldise pindalaks 0,9 hektarit, pea-puuliigiks arukask, kasvukohatüübiks naadi ja boniteediklassiks 1 (tabel 3). Lisaks kasele leidis esimeses rindes veel musta leppa ja haaba. Täpsemad andmed kolmanda raielangi kohta on toodud välja ka lisas 3.

**Tabel 3.** Raielangi KS153, eraldis 5 takseerikirjeldus (Metsaregister... 2019)

Rinne	Osakaal (%)	Puuliik	Vanus (a)	Kõrgus (m)	Läbimõõt (cm)
1	43	arukask	87	27	29
-	100	harilik toomingas*	-	2,5	-
1	33	sanglepp	87	26	29
1	24	haab	87	31	35
2	100	harilik kuusk	45	11	12

Märkus. Tähis „\*“ märgib, et harilik toomingas (lad k *Prunus padus*) esines mõõtmise ajal alusmetsarindes.

Kõikide raielankide puhul oli alusmets enne harvesteri tööle asumist eemaldatud. Raielankide eristamise lihtsustamiseks andis töö autor lankidele erinevad nimed eraldistele lähedalasuvate kohanimetuste järgi. Uuritud raielankide uuteks nimedeks said Peasihi, Sikaniidu ning Kuusemetsa lank (tabel 4). Lankidele omistatud nimesid kasutatakse läbivalt ka käesoleva bakalaureusetöö tulemuste esitamisel.

**Tabel 4.** Raielankide iseloomustus (autori koostatud)

Kvartal	Eraldise number	Katastritunnus	Raielangile omistatud nimi
VA035	3	86101:004:0012	Peasihi lank
KS152	19	50101:007:0007	Sikaniidu lank
KS153	5	50101:007:0007	Kuusemetsa lank



## **2.2. Harvester ja lõikepea**

### **2.2.1. Harvester Ponsse Scorpion King**

Antud uurimistöös keskendus autor vaid OÜ Kaljumets ettevõtte Ponsse Scorpion King harvesteri uurimisele. Selline harvester kaalub vähemalt 21300 kilogrammi, olles 8020 millimeetrit pikk ning 2690 kuni 3085 millimeetrit lai (Scorpion... 2019). Masin oli ettevõtte poolt liisitud. Kuna uuendusraie toimus riigimetsas, ei tohi harvesteri vanus olla üle viie aasta. Ettevõtte OÜ Kaljumets kasutuses olnud harvesteri vanus jäi alla 3 aasta.

Masina kliirens on 655 millimeetrit. Harvesteri stabiilsuse tagavad tema kaheksa ratast ja aktiivne stabiliseerimise süsteem. (Scorpion... 2019) Süsteem kalkuleerib noole positsiooni ja suunda ning mõjuvaid raskusjõudusid (Tehver 2017). Vajadusel surub süsteem tagarattad vastu maad. Kui liikumine või töö toimub aga masina külje suunal, parandab tagumise raami raskus märgatavalt masina stabiilsust. (Scorpion... 2019) Antud harvesteri juures kasutatakse kolme liigendiga ühendatud raami (Tehver 2017). Selline süsteem hoiab kabiini horisontaalsena kõikides tingimustes (Scorpion... 2019). Samuti võimaldab süsteem viia raskuskeskme 80 sentimeetri kõrgusele, mis aitab kaasa masina stabiilsuse säilitamisele (Tehver 2017).

Tootlikkuse ja tööheaolu suurendamiseks on väga tähtis roll ka operaatori ergonoomilisel töökeskkonnal (Tehver 2017). Harvesteri kabiin asub masina keskpunktis keskmise raami peal, mida hoitakse hüdrauliliselt balansis. Esimene ja tagumine raam on kallutatud vastavalt maastikule. (Scorpion... 2019) Masina kabiin on pöörlev ning tõstuk ulatub üle kabiini (Tehver 2017). Maksimaalseks noole ulatuseks on 11 meetrit. Kõik see tagab hea nähtavuse ka kabiini külgedel, suurendades tootlikkust. Harvesteril on võimas 210 kW Mercedes-Benz mootor ja kütusepaak mahutavusega 320 kuni 410 liitrit. Hüdraulilist süsteemi juhib Ponsse OptiControl süsteem. (Scorpion... 2019) Täpsemad tehnilised andmed harvesteri Ponsse Scorpion King kohta on toodud ära ka lisas 4.



**Joonis 2.** Ettevõtte OÜ Kaljumets kasutuses olnud harvester Ponsse Scorpion King (autori foto).

### **2.2.2. Lõikepea Ponsse H7**

Uuritud harvesteril kasutati lõikepead Ponsse H7. Lõikepea Ponsse H7 on mõeldud uuen-  
dus- ja harvendusraieteks, kus on suur tüve läbimõõt. Tal on enda klassi kohta suurepära-  
sed puu käsitlemise omadused. Lõikepea Ponsse H7 võimas etteandmissüsteem ja hea  
võimsuse ning kaalu vahekord aitab töid efektiivselt teostada nii leht- kui okaspuupuistu-  
tes. Haarde survet lõikepea laasimise nugadele ja etteanderullidele saab reguleerida, taga-  
des sel viisil minimaalse hõõrdumise ja tugeva haarde. Lihtsasti kasutatavad automatiseeri-  
tud süsteemid kindlustavad kiire lõikamise ja lõike häälestamise vastavalt puu läbimõõdu-  
le. See parandab omakorda lõikamise efektiivsust ning pikendab saelehe ja -keti eluiga.  
Lõikepea minimaalseks kaaluks on 1150 kilogrammi, pikkuseks 1500 millimeetrit ja lai-  
seks 1540 millimeetrit. Sellel on kolm etteanderullikut maksimaalse etteandekiirusega 5  
m/s. Lõikepea kasutab Ponsse Opti4G mõõtesüsteemi. (H7... 2019) Täpsemad tehnilised  
andmed lõikepea Ponsse H7 kohta on toodud ära ka lisas 5.



**Joonis 3.** Ettevõtte OÜ Kaljumets harvesteri Ponsse Scorpion King lõikepea Ponsse H7 (autori foto).

### **2.3. Harvesteri operaator**

Töö autor jälgis kogu materjalide kogumise aja jooksul ühte kindlat operaatorit. Harvesteri operaatoriks oli keskealine meesterahvas, kelle tööstaaž sel alal oli välitööde läbiviimise ajal 16 aastat. Operaator oli vaatluse läbiviimisel avatud suhtlemisega ja abivalmis.

Töö harvesteriga toimus kahes vahetuses, ühe vahetuse pikkuseks oli 8 tundi. Operaator töötas varahommikustes vahetustes, mis algasid vahemikus kell 4-6. Juhi sõnul meeldisid talle varahommikused vahetused, kuna tänu sellele jäi tal päeval rohkem aega tegutsemiseks.

### **2.4. Välitööde metoodika**

Andmete kogumiseks viis bakalaureusetöö autor läbi kaks päeva kestva vaatluse ettevõttes OÜ Kaljumets. Töö eesmärgiks oli uurida harvesteri Ponsse Scorpion King tööaja jaotust uuendusraiel ning analüüsida, kui kaua aega kulub erinevate tööprotsesside täitmiseks.

Ettevõtte valikul suhtles töö autor Riigimetsa Majandamise Keskuse (RMK) Kagu regiooni juhi ja varumisjuhiga, kes edastas autorile OÜ Kaljumets operaatori kontaktid. Firma nõusolek uurimistöös osalemiseks andis töö autorile võimaluse nii vaatlust kui andmete kogumist antud ettevõttes teostada.

Materjali kogumine toimus 2018. aasta 12. veebruaril ja 5. märtsil. Vaatlus viidi läbi kolmel erineval raielangil Peipsiääre ja Kastre vallas. 12. veebruari varahommikul oli õhutemperatuur vahemikus 0 kuni -3 kraadi (12. veebruari... 2019). 5. märtsi varahommikul küündis temperatuur aga -15 kuni -21 kraadini (5. veebruari... 2019). Töö autoril oli võimalus viibida andmete kogumise ajal nii harvesteri kabiinis kui ka jälgida tööd eemalt. Materjali kogumine toimus videoregistraatoriga Prestigio RoadRunner 585, mis kinnitati autori poolt harvesteri kabiini esiklaasi sisepinnale. Materjali filmiti 160 kraadise vaatenurga juures resolutsiooniga 720 pikslit kasutades HDR tehnoloogiat, mis tagas selge pildi ja nähtavuse ka pimedates oludes. Filmimiseks kulus aega kokku 14 tundi, 56 minutit ja 14 sekundit. Sellest esimesel langil filmiti kokku 8 tundi, 18 minutit ja 34 sekundit; teisel langil 4 tundi, 7 minutit ja 55 sekundit ning kolmandal langil 2 tundi, 29 minutit ning 44 sekundit. Vahetuste lõpus toimus kahe operaatori koostööl ka masina korraline hooldus, mida antud töö ajakäsitluses pole sisse arvestatud. Hoolduste ajaks oli masina toide eemaldatud ning seetõttu ka tööprotsesse sel ajal ei teostatud. Ühtlasi eemaldas operaator tööaja lõpus vahetult enne hoolduste alustamist ise kaamera harvesteri esiklaasilt, mistõttu hooldusprotsesse ei filmitud.

Esimesel raielangil, mis asus kvartalis VA035, eraldisel 3, olid materjali kogumist alustades raietööd pooleli. Teisel raielangil kvartalis KS152, eraldisel 19 toimus materjali kogumine raietööde lõppjärgus. Viimasel raielangil kvartalis KS153, eraldisel 5 alustati raietöödega 2017. aasta sügisel, kuid pinnasetingimuste tõttu ei olnud võimalik raiet sel ajal lõpule viia. Materjali kogumise hetkeks olid aga pinnasetingimused antud langil piisavalt paranenud, et masinaga oleks võimalik tööd teha.

## **2.5. Kameraaltööde metoodika**

Et analüüsitud materjali oleks võimalik võrrelda teiste varasemate töödega, võttis autor andmete analüüsimisel eeskujuks Soome teadlaste Tuomo Nurminen'i, Heikki Korpunen'i

ja Jori Uusitalo artikli „Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system“ (2006: 335-363).

Töotsükliks loeti kõik tegevused, mis olid seotud ühe puu lõikamisega raiel (Nurminen *et al.* 2006: 339). Materjali analüüsides jälgis autor kaheksat erinevat harvesteri tööfaasi (Nurminen *et al.* 2006: 339-340):

1. Liikumine. Liikumine algab siis, kui harvester alustab liikumist ja lõpeb, kui masin lõpetab liikumise, et sooritada mingit teist tegevust. Liikumise saab jaotada sõitmiseks otse või tagurdamiseks kas ühelt tökohalt teisele või sõitmiseks antud positsioonil.
2. Raieks positsioneerimine. Antud tööfaas algab, kui nool hakkab pöörama puu poole ja lõpeb, kui harvesteri pea on saavutanud kontakti puuga.
3. Langetamine. Langetamine algab langetuslöikega ja lõpeb, kui etteandmisrullikud alustavad tüvel pöörlemist.
4. Tüve töötlemine. Tüve töötlemise protsessi alla kuuluvad nii laasimine, järkamine, palkide kogumine kui virnastamine. Tööfaas algab siis, kui etteandmisrullikud hakkavad liikuma ja lõpeb siis, kui viimane löige on tehtud ning viimane palk on kukutatud virna.
5. Noole tagasi liigutamine. Tööprotsess algab siis, kui viimane löige on sooritatud ja nool hakkab liikuma masina poole; lõpeb siis, kui harvesteri pea peatub masina ees ja algab liikumine või löikeks positsioneerimine.
6. Puhastamine. Sel ajal toimub raiet häiriva alusmetsa eemaldamine.
7. Materjali liigutamine. Tööprotsessi jooksul toimub palkide, latvade ja okste liigutamine tee äärde, puidu kimpudesse võtmine ning palkide sorteerimine ja virnastamine.
8. Viivitused. Aeg, mis ei ole seonduv efektiivse tööajaga: näiteks parandamine, hooldus või telefonikõned.

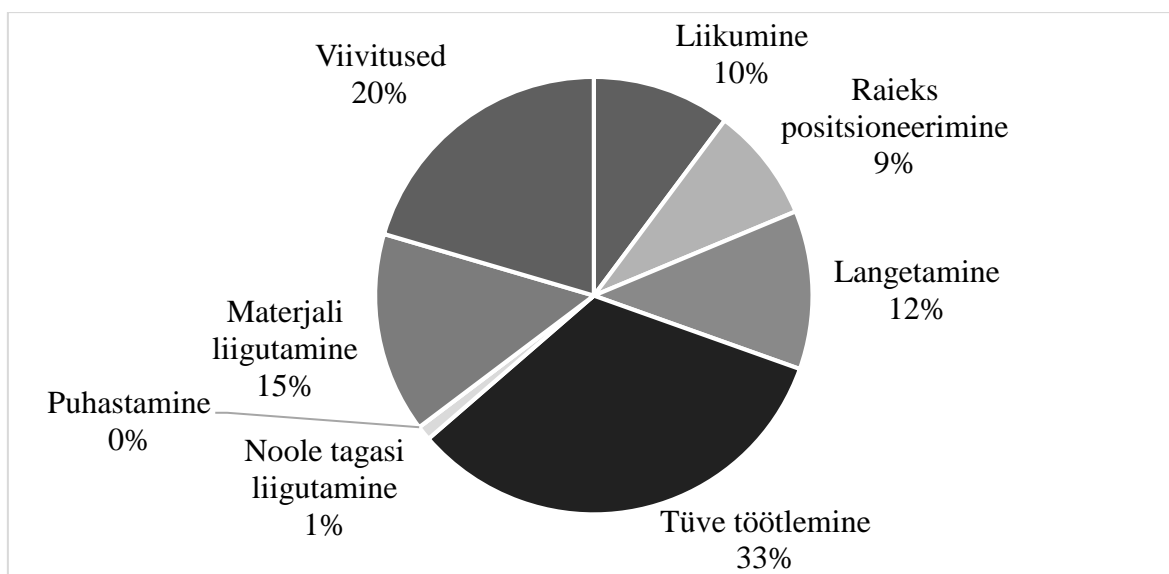
Vaatluse teel kogutud andmete analüüsiks teostati kronometraaž, millega määrati kindlaks erinevatele tööoperatsioonidele kulunud aeg. Kronometreerimiseks kasutati programmi VLC Media Player ja andmete sisestamiseks ning töötlemiseks programmi Microsoft Excel 2010. Lisaks tööoperatsioonide vaatlemisele tõi bakalaureusetöö autor oma töös välja ka

erinevate tööprotsesside teostamiseks kulunud efektiivse tööaja, mis võimaldab analüüsida ning kõrvutada ainult tööetappide teostamisele kulunud aega uuritud raielankide puhul, jättes välja pausideks ning viivitusteks kulunud aja. Samuti võimaldab efektiivaja välja toomine kõrvutada saadud tulemusi ka teiste varasemalt teostatud sarnaste uurimustega.

Käesolev bakalaureusetöö on koostatud ja vormistatud vastavalt Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituudis kasutusel oleva lõputöö vormistamise nõuete järgi (Lõputöö vormistamise... 2017).

### 3. HARVESTERI TÖÖAJA ANALÜÜSI TULEMUSED

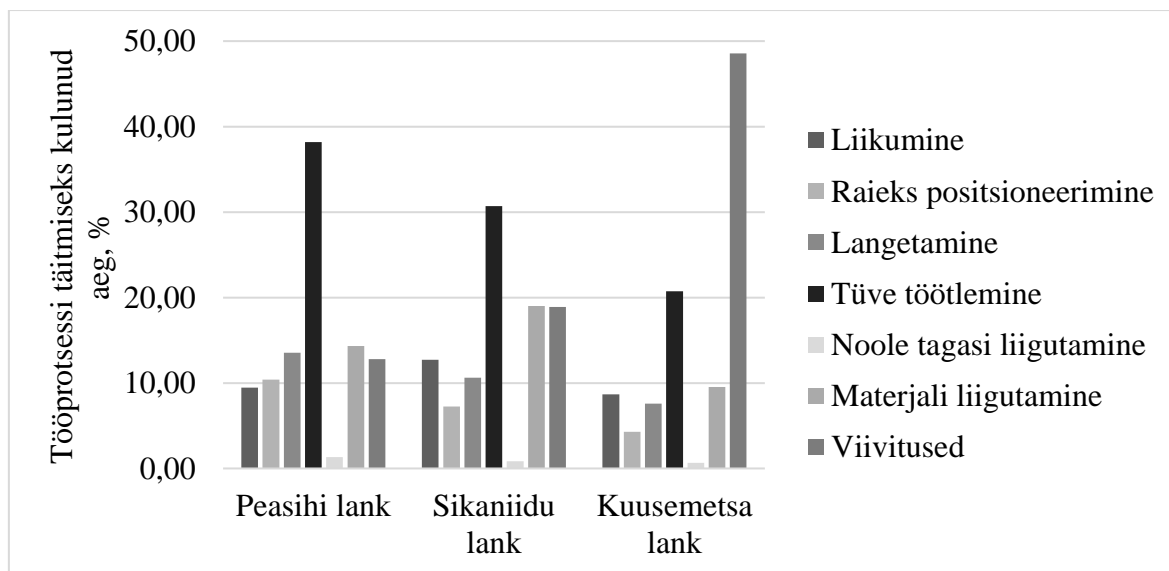
Harvesteri tööaja analüüsi tulemused näitavad, et tööaja jagunemisest moodustab kõige suurema osa tüve töötlemine 33%, mida väljendab ka joonis 4. Kuna antud protsessi puhul toimub mitu etappi, sealhulgas tüve järkamine ja okste laasimine, on see tavapäraselt ka kõige aeganõudvam. Viivitused moodustavad kogu analüüsitud tööajast samuti suure osa, täpsemalt 20%. Kõige suurema osa sellest moodustas operaatori poolt tehtud tunniajaline paus teisel päeval. Lisaks kulus aega ka harvesteri lõikepea saeketi hooldusele. Materjali liigutamise peale kulus 15% kogu tööajast, sellest kõige kauem aega võttis materjali liigutamine oksavalli. Langetamise peale kulus 12% ja positsioneerimise peale 9% aega kogu filmitud materjalist. Liikumine moodustas analüüsitud materjalist 10%. Selle juurde on ka arvestatud liikumised töö alguspunktidest lankidele ja vastupidi. Noole tagasi liigutamiseks kulus kogu ajast ainult 1%. See võib-olla tingitud uuritud harvesteri ehituslikest iseärasustest. Nimelt ulatab harvesteri nool antud masina puhul üle kabiini ning sellest tulenevalt ei kujuta noole tagasi liigutamine raietööde juures endast olulist osa. Vähe aeganõudev oli ka puhastamise faas. Uuritavatel lankidel oli raie alustamise ajaks alusmets eemaldatud. Seega ei takistanud see raietööde tegemist, võimaldades ka puhastamisele kuluvat aega oluliselt kokku hoida.



**Joonis 4.** Tööaja jaotus kõigil kolmel raielangil kokku (autori koostatud).

Vaadeldes uuritavate raielankide tööaja jaotust eraldi, kerkib enim esile Kuusemetsa raielangi puhul oluliselt kõrgem viivitustele kulunud aeg, mis moodustas 49% ehk peaaegu pool kogu tööajast antud langil. Pika viivituse peamiseks põhjuseks oli operaatori poolt tehtud tunniajane puhkepaus, mis mõjutas ka teistele tööprotsessidele kuluvat ajajaotust. Nii Peasihi kui Sikaniidu langi puhul jäi katkestustele kulunud aeg alla 20%, mida väljendab ka joonis 5. Võrreldes kolme erineva langi tööaja jaotust, võib nii Peasihi kui Sikaniidu langi puhul näha, et kõikidele teistele protsessidele peale viivituste ja noole tagasi liigutamise on kulunud oluliselt rohkem aega kui Kuusemetsa langil. Seetõttu võib eeldada, et kahel esimesel langil veedetud tööaeg oli oluliselt efektiivsem kui Kuusemetsa langil.

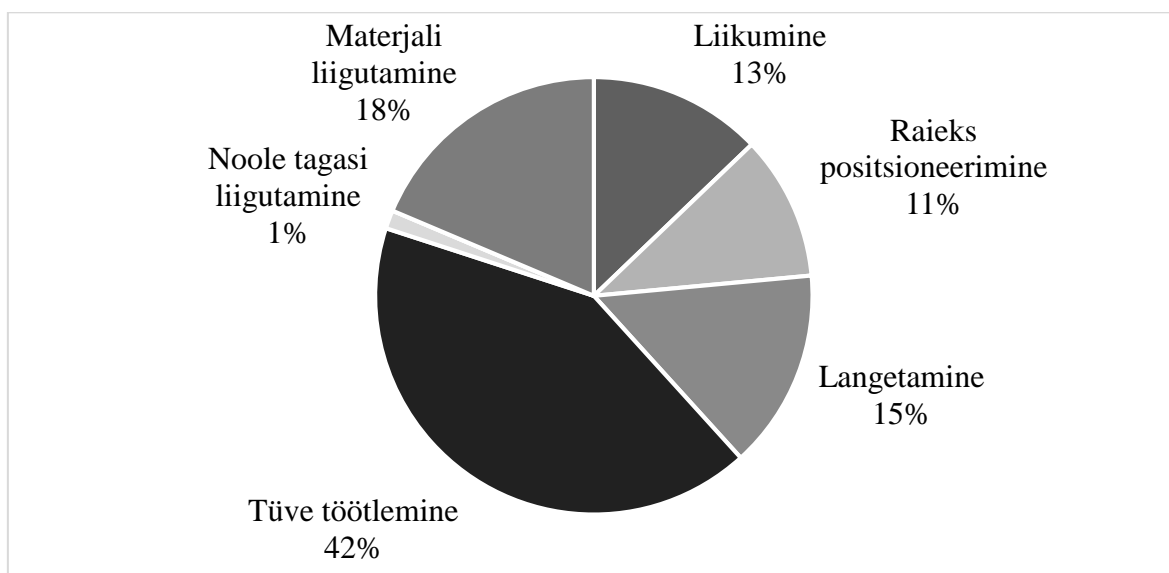
Võrreldes teistele tööprotsessidele kulunud aega kõigil kolmel raielangil, võttis kõige rohkem aega tüve töötlemine – Peasihi raielangil 38% ning Sikaniidu raielangil 31% kogu tööajast. Töötlemine hõlmab endas mitut tegevust, seetõttu on ka antud tööfaas kõige ajamahukam. Ühtlasi võib näha sarnasusi liikumisele, raieks positsioneerimisele ja langetamisele kuluva aja suhtes. Kõikidel raielankidel jäävad erinevused antud tööfaaside puhul 5-6% vahele. See viitab, et uuritud lankidel olid küllaltki sarnased tingimused. Samuti kulus kõikidel uuritavatel raielankidel kõige vähem aega noole tagasi liigutamise peale.



**Joonis 5.** Tööaja jaotus raielankide kaupa (autori koostatud).



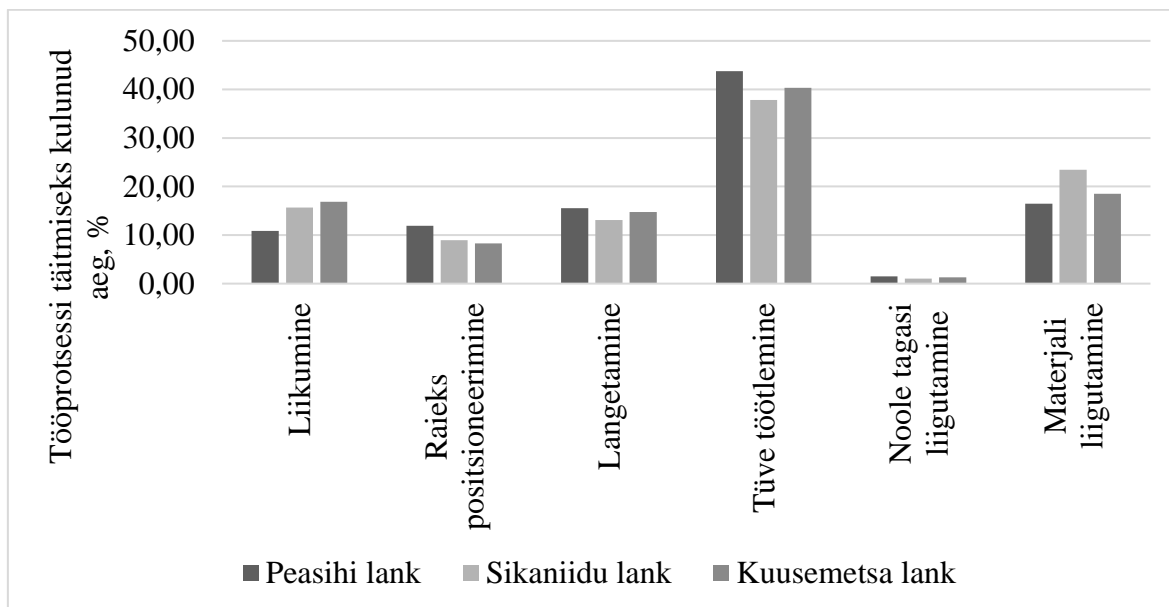
Kõikide raielankide puhul kokku vaatles töö autor ka efektiivse tööaja jaotust, et võrrelda vaid tööprotsesside täitmiseks kulunud aega ning analüüsida tehtud töö efektiivsust erinevatel raielankidel. Efektiivne tööaeg ehk efektiivvaeg koosneb kõigist töös uuritud tööfaasidest, jättes välja viivitustele kulunud aja. Tulemustest selgub, et kõige enam aega ehk 42% efektiivajast kulus nii Peasihi, Sikaniidu kui Kuusemetsa raielangil tüve töötlemiseks. Teiste tööprotsesside jaoks kulus aega seevastu oluliselt vähem, mida väljendab ka joonis 6. Materjali liigutamiseks kulus pea viiendik, langetamiseks 15% ning raie positsioneerimiseks pisut enam kui 10% tööajast. Harvesteri liikumisele kulutati 13% efektiivsest tööajast. Kõige vähem aega kulus noole tagasi liigutamiseks.



**Joonis 6.** Efektiivse tööaja jaotus kõigil kolmel raielangil kokku (autori koostatud).

Võrreldes efektiivse tööaja jaotust kolme raielangi vahel eraldi, kulub nende kõigi puhul erinevate tööprotsesside läbimiseks aega suhteliselt sarnases mahu, mida näitab ka joonis 7. Kõige aeganõudvam protsess on tüve töötlemine, mis võtab enda alla nii Peasihi kui Kuusemetsa langi puhul üle 40% tööajast. Vaid Sikaniidu langi puhul kulus aega antud protsessi sooritamiseks võrreldes teistega pisut vähem. Teiseks kõige aega nõudvamaks tööfaasiks oli materjali liigutamine. Kõige enam kulus selleks etapiks aega Sikaniidu raielangil. Langetamise peale kulus raielankidel aega 13-16%. Liikumise peale kulus Peasihi langil 11%, Sikaniidu langil 16% ja Kuusemetsa langil 17%. Peasihi raielangi ajakulu erinevus liikumisel võrreldes teiste lankidega tulenes pikemast langil viibitud ajast ja lühemast vahemaast alguspunkti ja langi asukoha vahel. Raieks positsioneerimiseks kulus Pea-

sihi langil aega 12%, Sikaniidu langil 9% ja Kuusemetsa langil 8% tööajast. Kõige vähem kulus aega noole tagasi liigutamiseks, mis jäi kõikidel lankidel 1-2% vahele.



**Joonis 7.** Efektiivse tööaja võrdlus kolme raielangi vahel (autori koostatud).

Tulemusi analüüsides võib öelda, et uuritud harvesteri efektiivse tööaja jaotus kõigil kolmel langil on küllaltki ühtlane. Väikesed erinevused tulemustes võivad olla tingitud eeskätt looduskeskkonna seisukorra erinevustest lankide vahel ning ka puuliikide osakaalust, mis uuritud raielankidel esinesid. Peasihi langil kulus tüve töötlemisele kõige rohkem aega, kuna võrreldes teiste lankidega oli seal suurem lehtpuude osakaal. Samuti võib ka Sikaniidu langi puhul materjalide liigutamise tööfaasi suurema ajakulu põhjuseks tuua välja kehavamad pinnasetingimused võrreldes kahe teise raielangiga.

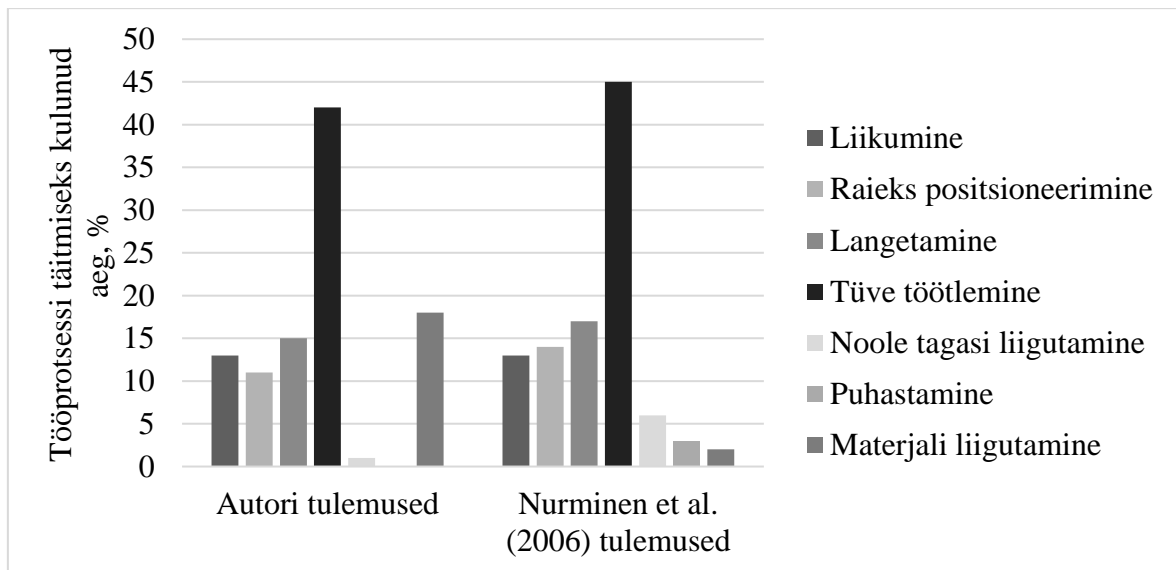
## 4. TULEMUSTE VÕRDLUS TEISTE UURIMISTÖÖDEGA

### 4.1. Võrdlus Nurminen'i *et al.* (2006) uurimistööga

Antud uurimistöö viidi läbi 2004. aasta suvel ja sügisel Kesk-Soomes. Uurimus koosnes nii uuendus- kui ka harvendusraie katsealadest, kuid antud bakalaureusetöös võrreldakse vaid uuendusraiel tehtud töö tulemusi. Uuendusraiel oli põhiliseks puuliigiks harilik mänd (lad k *Pinus sylvestris*) ja harilik kuusk. Raiel kasutati seitset erinevat tüüpi harvestere ja kokku uuriti kaheksat erinevat operaatorit. Kõik operaatorid olid professionaalid ja harjunud töötama uurimisel esinenud oludes. Operaatorite keskmine tööstaaž harvesteritega töötamisel oli 14 aastat. (Nurminen *et al.* 2006)

Kuna kirjeldatud uurimistöös kasutatud tööoperatsioonide jaotus on võetud ka antud bakalaureusetöö autori kameraaltööde metoodika aluseks, oli võimalik saadud tulemusi omavahel võrrelda. Antud tööde puhul võrreldakse kogu efektiivaja jaotust uuendusraiel.

Mõlema uurimistöö puhul kulus enim aega tüve töötlemisele – autori töös 42% ja Nurminen'i ja teiste autorite töös 45% kogu efektiivajast, mida näitab ka joonis 8. Suurim erinevus võrreldud tööde vahel tuleneb materjali liigutamise tööfaasist. Autori töös kulus selleks 18% kogu ajast, võrreldavas uurimuses aga ainult 2%, millest võib eeldada, et Nurminen'i ja teiste autorite uurimistöös ei kulutatud materjali oksavalli liigutamise peale kaugeltki nii palju aega. See võib olla põhjustatud Soomele omastest pinnasetingimustest. Kuna riigi aluspind on üsna kivine, on ka pinnase kandevõime oluliselt parem kui Eestis. Liikumise peale kulus antud uurimistöodes võrdselt 13% ajast. Samuti võis näha sarnasusi raieks positsioneerimise ja langetamise tööfaasides, mis näitab, et erinevad harvesterite mudelid on selles osas üsna võrdsed. Noole tagasi liigutamise faasis kulus autoril 1% ja Nurminen'i ja teiste autorite töös 6% kogu efektiivajast. Seda saab põhjendada tõstuki ja noole paigutuse erinevustega erinevatel harvesteridel. Alusmetsa puhastamise peale kulus võrreldavas töös 3% kogu ajast. Autori töös ei kulunud selleks tööfaasiks aega, kuna alusmets oli enne raie alustamist eemaldatud.



**Joonis 8.** Efektiivse tööaja võrdlus autori ja Nurminen'i *et al.* (2006) uurimistööde vahel (autori koostatud).

Seega võib öelda, et harvesteride efektiivne tööaeg on sõltumata aastaajast suhteliselt sarnane. Kuigi bakalaureusetöö autori andmed on kogutud talvel ning Nurminen'i ja teiste autorite uurimus on läbi viidud suvel ja sügisel, pole tulemustes suuri erinevusi märgata. Samuti saab öelda, et tööprotsessi täitmiseks kulunud aega ei mõjuta kuigivõrd harvesteri mudel, mida kasutatakse. Kuigi Nurminen'i ja teiste autorite töödes pole välja toodud konkreetseid harvesteride mudeleid, mida kasutati, on tulemused võrreldes käesolevas bakalaureusetöös uuritud harvesteri Ponsse Scorpion King tööprotsesside täitmiseks kulunud ajaga suhteliselt sarnased. Peamised erinevused tulenesid vaid materjalide liigutamise ning noole tagasi liigutamise tööfaasides, mida võib põhjendada nii masinate ehituslike eripärade kui ka puistute seisukorraga, kus töid teostatakse.

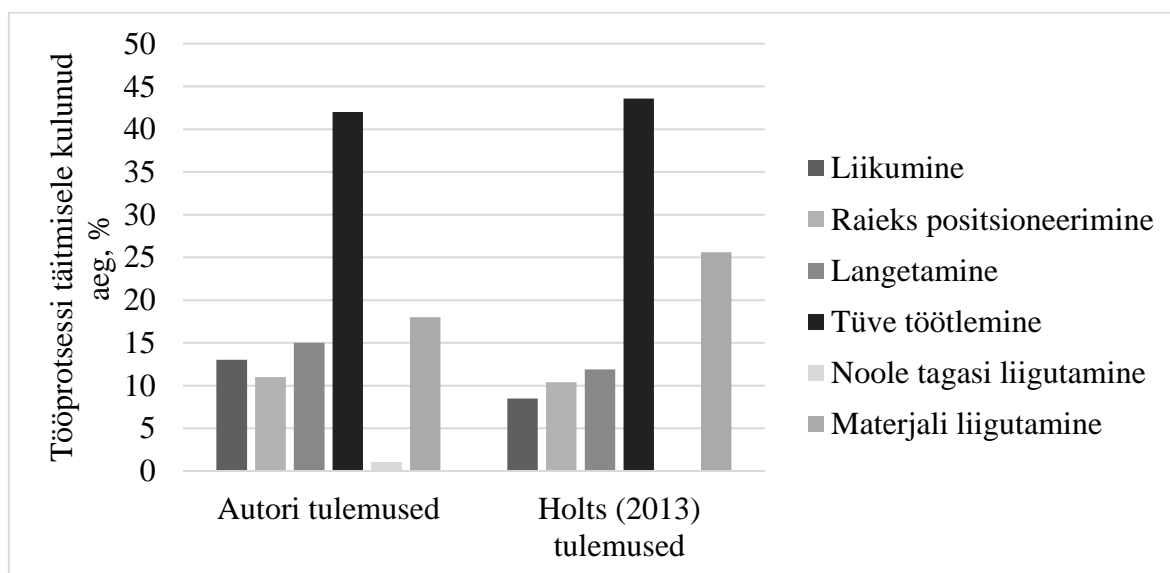
#### 4.2. Võrdlus Holts'i (2006) uurimistööga

Võrreldava uurimistöö praktiline osa viidi läbi 2013. aasta veebruaris. Antud töö eesmärgiks oli uurida ja analüüsida harvesteri Ponsse Beaver tööaega uuendusraiel. Põhilisteks puuliikideks uuritavate raielankide puhul olid arukask, harilik kuusk, harilik mänd ja haab. Kõigi uuritud raielankide kasvukohatüübiks oli jänesekapsa. Masina operaatoril oli käsitletud uurimuse ajal kogemust 17 aastat. (Holts 2006) Sarnaselt autori tööle puudus käsitletud

uurimistöös alusmets, mistõttu on jäetud efektiivse tööaja jaotusest välja puhastamise tööfaas.

Sarnaselt autori tulemustele kulus Holts'i uurimistöös kõige enam aega tüve töötlemise peale – autori töö puhul 42% ja võrreldavas töös 43,6% kogu tööajast. Erinevused ilmsesid materjali liigutamise ning langetamise tööfaasides. Võrreldavas töös oli raielankidel suurem okaspuude osakaal, mistõttu kulus Holts'i töö puhul ka 7,6% kauem aega materjali liigutamisele. Seevastu autori uurimistöös võttis langetamine võrreldes Holts'i tööga aega 3,1% kauem.

Erinevusi võib näha ka liikumise faasis. Kui autori töös kulus liikumise protsessile 13% efektiivsest tööajast, siis Holts'i töös vaid 8,5%. See on tõenäoliselt tingitud suuremast lankide vahelisest kaugusest bakalaureusetöö autori poolt uuritud raielankide puhul. Raieks positsioneerimise tööfaasile kuluv aeg oli mõlemas töös suhteliselt sarnane, erinedes ainult 0,6% võrra. See on tõenäoliselt tingitud asjaolust, et kasutati sama firma Ponsse harvestere, mis kasutavad sarnaseid juhtsüsteeme. Noole tagasi liigutamiseks võrreldavas töös aega ei kulunud, kuna operaator ei sooritanud Holts'i sõnul antud operatsiooni.



**Joonis 9.** Efektiivse tööaja võrdlus autori ja Holts'i (2013) uurimistööde vahel (autori koostatud).

Uurimistöid omavahel võrreldes võib järeldada, et efektiivse tööaja jagunemine sõltub ka puistutest, kus uuendusraiet sooritatakse. Kuna Holts'i töö puhul toimus uuendusraie põhi-

liselt suure okaspuu osakaaluga raielankidel, oli ka materjalide liigutamine vaevalisem ja aeganõudvam kui käesoleva töö autori uuritud raielankidel. Okaspuude puhul on talvisel ajal suureks probleemiks ka okste murdumine, mistõttu vajab raielangi korrastamine ning okste tõstmine oksavalli oluliselt rohkem aega. Bakalaureusetöö autori raielankidel oli suurim osakaal seevastu läbivalt lehtpuudel. Samal ajal on aga lehtpuude langetamine raskem, kuna nende tihedus ning tüve läbimõõt on tavaliselt suurem kui okaspuudel. See võis ka olla põhjuseks, miks antud bakalaureusetöö autori uuritud lankidel oli langetamise tööprotsess pikem kui Holts'i uurimistööl puhul.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli uurida harvesteri Ponsse Scorpion King tööaja jaotust uuendusraiel ning analüüsida, kui kaua aega kulus erinevate tööprotsesside täitmiseks. Töö käigus anti ülevaade mehhaniseeritud raie ajaloost ning arengust kogu maailmas. Samuti selgitati lühidalt raieahtude ning metsa- ja uuendusraie tehnoloogia arengut Eestis. Andmete kogumiseks teostati kahepäevane vaatlus, misjärel toimus andmete kronometraaž tulemuste analüüsimiseks ning nende omavaheliseks võrdlemiseks. Lisaks tööoperatsioonide kronometreerimisele lõi autor oma töös välja ka erinevate tööprotsesside teostamiseks kulunud efektiivse tööaja, mis võimaldas analüüsida ning kõrvutada saadud tulemusi ilma viivitusteta, käsitledes vaid puhast tööaega. Efektiivse tööaja välja toomine võimaldas ka tulemusi teiste varasemalt teostatud sarnaste uurimistöödega võrrelda.

Tulemustest selgus, et kõikide uuritud tööfaaside peale kokku kulus harvesteril kõige kauem aega tüve töötlemiseks, mis moodustas kolmandiku kogu tööajast. Sarnaseid tulemusi näitas ka leitud efektiivne tööaeg, mille kohaselt kulus tüve töötlemiseks kõikidel lankidel kokku 42% ajast. Tüve töötlemise faas hõlmab endast nii puude laasimist, järkamist kui ka palkide kogumist ja virnastamist, mistõttu nõuabki antud etapp kõige rohkem aega. Suur ajakulu oli ka viivituste etapis, mis moodustas kogu uuritud tööajast viiendiku. Sinna alla kuulusid kõik operaatori poolt tehtud hooldus- ja puhkepausid. Raie tööde läbiviimise käigus pööras operaator materjali liigutamise etapis erilist tähelepanu materjali oksavalli liigutamisele, mistõttu kulus antud faasile 15% tööajast ja 18% efektiivajast. Materjali liigutamine oksavalli tekitab masina rataste ja maapinna vahele kaitsva kihi, et hoida pinnast masina raskuse eest. Kuna antud tööfaas omab otsest mõju keskkonnale, on ka väga oluline sellele tähelepanu pöörata. Materjali kohendamisele kulus antud faasis kõige vähem aega, kuna üldjuhul õnnestus sortimendid tüve töötlemise käigus kohe õigetesse virnadesse kukutada. Raieks positsioneerimisele kulus antud uurimistöös kogutud andmete põhjal kogu ajast 9% ja efektiivajast 12%. Liikumisele ja langetamisele kulunud tööaeg oli ajaliselt mahus suhteliselt sarnased. Seevastu puhastamisele ei kulunud saadud andmete põhjal üldse aega – vaatluste läbiviimise hetkeks oli alusmets eemaldatud, mistõttu jäi ka antud faas vahele. Väikese ajakuluga oli ka noole tagasi liigutamise tööfaas, moodustades nii kogu andmetest kui ka efektiivse tööaja jaotusest ainult 1%.

Uuritud kolme raielangi efektiivset tööaega võrreldi ka teiste samalaadsete uurimustega. Võrdlus toimus kahe varasema uurimistööga, millest esimene kujutas endast seitsme erinevat tüüpi harvesteri tööaja uurimist kaheksa erineva operaatori puhul. Teises uurimistöös uuriti sarnaselt autori tööle firma Ponsse harvesteri ja ühte operaatorit. Sarnaselt autori tulemustele kulus mõlemas võrreldavas uurimistöös põhiline osa efektiivajast tüve töötlemisele, jäädes 3% erinevuse piiresse. Ka raieks positsioneerimine ning langetamine hõlmas kõikides töödes sarnast hulka efektiivset tööaega sõltumata tööks kasutatava harvesteri mudelist. Võrreldes varasemalt teostatud uurimistöös kasutatud harvesteride efektiivaja jagunemist autori tulemustega, võib öelda, et kõik harvesterid teostasid tööfaase suhteliselt sarnase ajakuluga. Väikesed erinevused tulenesid eelkõige nende ehituslikest eripäradest, seda eriti noole tagasi liigutamise etapis. Peamised erinevused tulenesid seevastu eeskätt raielangel valitsenud tingimustest ning puistute erinevustest raielankide vahel. Nii autori kui ka Holts'i töös kulus ligikaudu viiendik efektiivsest ajast materjali liigutamise peale. Seevastu Nurminen'i ning teiste autorite Soomes läbi viidud uuringus kulus antud protsessi läbimisele vaid 2% kogu tööajast, mida võib põhjendada Soomele omaste kivisemate pinnasetingimustega. Ka langetamise tööprotsessile kuluv aeg sõltub eeskätt raielankidel kasvavatest puuliikidest, olles lehtpuude puhul aeganõudvam kui okaspuude korral.

Harvesteri Ponsse Scorpion King tööaja analüüsi edasiseks uurimiseks teeb autor ettepaneku viia läbi sarnane vaatlus ning andmete kronometreerimine samadel raielankidel mitme operaatori puhul, et teada saada, kas ka operaatorite oskused, vilumus, vanus ning muud tegurid mõjutavad harvesteri tööaja jaotust ning efektiivsust. Samuti teeb autor ettepaneku viia läbi samalaadseid uurimisi ka teiste harvesteridega, mis võimaldaks omavahel võrrelda erinevate harvesteride efektiivsust. Antud bakalaureusetööst võib olla kasu kõikidele metsanduse valdkonnas tegutsevatele inimestele ning ettevõtetele, kes soovivad saada paremat ülevaadet erinevate tööprotsesside jaoks kuluvast ajast ning ka efektiivajast antud harvesteri puhul. Ühtlasi aitab käesolev uurimistöö paremini aru saada harvesteri Ponsse Scorpion King iseloomust ning eelistest, mis võib ka ostuprotsessis otsuse langetamist lihtsustada.



## KASUTATUD KIRJANDUS

- Alvela, A.** (2019). Harvester – kellele looduse hävitaja, kellele arengutee sillutaja. – *Eesti Mets*. Nr 1/2019, lk 22-28. [e-ajakiri] <https://www.loodusajakiri.ee/uusveeb/wp-content/uploads/2019/04/EM01-2019-Harvester.pdf> (26.05.2019).
- Drushka, K., Konttinen, H.** (1997). Tracks in the Forest: The Evolution of Logging Machinery. Helsinki: Timberjack Group Oy. 254 p.
- Eesti statistika aastaraamat 2016. (2016). Tallinn: Eesti Statistika. [https://www.stat.ee/publication-download-pdf?publication\\_id=42573](https://www.stat.ee/publication-download-pdf?publication_id=42573) (23.05.2019).
- Holts, A.** 2013. Harvesteri Ponsse Beaver tööaja analüüs lageraie näitel. Bakalaureusetöö. Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu. 33 lk.
- Ilm.ee (s.a) 5. märtsi ilm aastatel 2005-2018. [veebileht] <https://ilm.ee/?511174> (23.05.2019).
- Ilm.ee. (s.a) 12. veebruari ilm aastatel 2005-2018. [veebileht] <https://ilm.ee/?512063> (23.05.2019).
- Kurvits, V.** (2003). Metsaraiete tehnoloogia on kiiresti muutunud. – *Eesti Mets*. [e-ajakiri] [http://vana.loodusajakiri.ee/eesti\\_mets/artikkel228\\_212.html](http://vana.loodusajakiri.ee/eesti_mets/artikkel228_212.html) (23.05.2019).
- Kurvits, V.** (2004). Metsaraiete tehnoloogia on uuenenud. – *Eesti Mets*. [e-ajakiri] [http://vana.loodusajakiri.ee/eesti\\_mets/artikkel289\\_271.html](http://vana.loodusajakiri.ee/eesti_mets/artikkel289_271.html) (23.05.2019).
- Kütt, A.** (2016). Kirves ja harvester. – *Ajaleht KesKus*. [veebileht] <http://kes-kus.ee/kirves-ja-harvester/> (23.05.2019).
- Lõputöö vormistamise nõuded. (2017). /Koost. I. Järve, M. Kass, M. Külvik, A. Lorenz, S. Maasikamäe, V. Mikita, V. Pallav, Ü. Roosmaa. Eesti Maaülikool. 50 lk. <http://www.emu.ee/userfiles/emu2015/baka%20VORMISTAMISE%20N%C3%95UDED%202017.pdf> (30.05.2019).
- Metsa- ja puidutööstus 2016. (2017). /Koost. EMPL. Eesti Metsa- ja Puidutööstuse Liit. 10 lk. <http://empl.ee/wp-content/uploads/2015/05/2016-metsa-ja-puidut%C3%B6%C3%B6stus-numbrites.pdf> (26.05.2019).
- Metsaportaali (s.a) Metsaregister. [veebileht] <https://register.metsad.ee/#/> (26.05.2019).

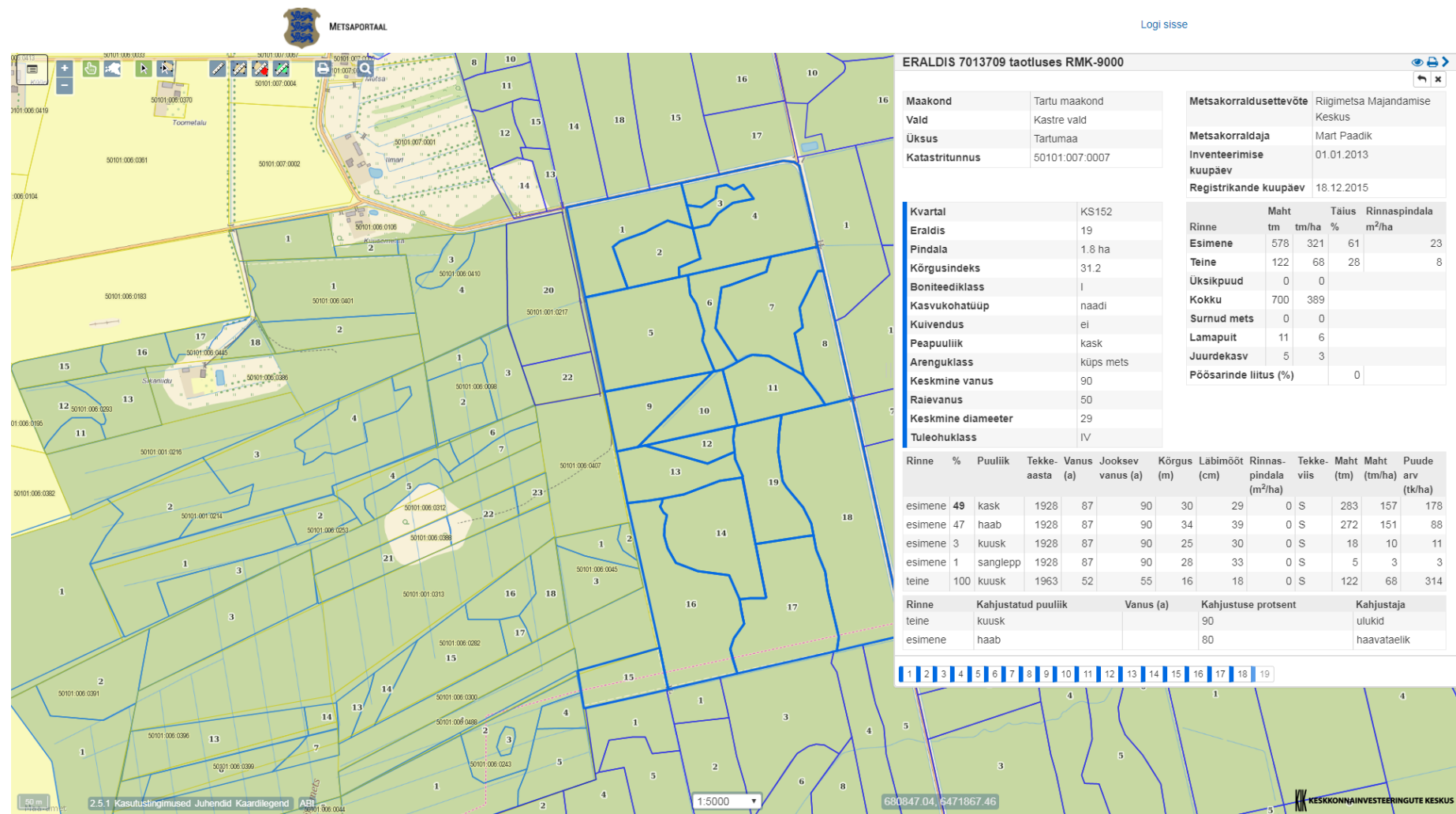
- MM04: Metsaraie raiedokumentide alusel maakonna ja metsamaa liigi järgi. (andmed uuendatud 11.06.2018). – *Eesti Statistika Andmebaas*. <http://pub.stat.ee/> (19.05.2019).
- Muiste, P., Kurvits, V., Mitt, R., Teder, M., Kakko, T.** (2006). Forest harvesting in Estonia during the transition period. – *Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused*. Vol. 45, pp. 164-171. [on-line]  
[https://www.researchgate.net/publication/228425171\\_Forest\\_harvesting\\_in\\_Estonia\\_during\\_the\\_transition\\_period](https://www.researchgate.net/publication/228425171_Forest_harvesting_in_Estonia_during_the_transition_period) (23.05.2019).
- Müürisepp, A.** (1998). Lageraiemasinad. Tartu: Maaelu Arengu Keskus. 32 lk.
- Nurminen, T., Korpunen, H., Uusitalo, J.** (2006). Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system. – *Silva Fennica*. Vol. 40, No. 2, pp. 335-363. [on-line article]  
<https://www.silvafennica.fi/pdf/article346.pdf> (26.05.2019).
- Ponsse, (s.a). H7. Overview. [webpage]. <https://www.ponsse.com/products/harvester-heads/product#/h7> (26.05.2019).
- Ponsse. (s.a). Scorpion King. Overview. [webpage].  
[https://www.ponsse.com/products/harvesters/product#/scorpion\\_king](https://www.ponsse.com/products/harvesters/product#/scorpion_king) (26.05.2019).
- Tehver, L.** (2017). Kahekümnes Ponsse Scorpion King on kohal. – *Põllumajandus.ee*. [veebileht]  
<https://www.pollumajandus.ee/uudised/2017/11/10/kahekumnes-ponsse-scorpion-king-on-kohal> (26.05.2019).

**LISAD**

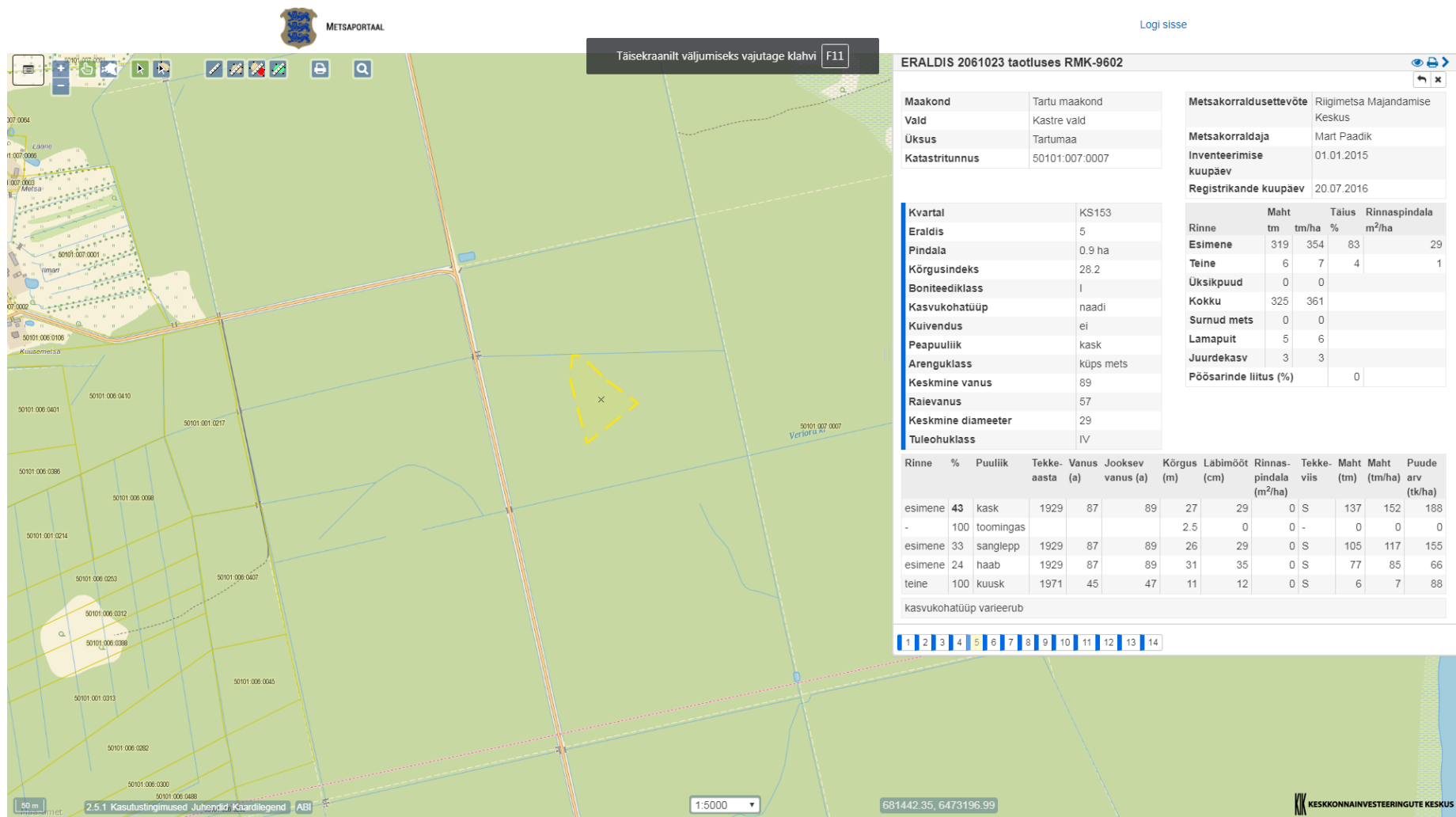
**Lisa 1. Raielangi VA035, eraldis 3 raie-eelne kirjeldus vastavalt Metsaregistrilt saadud teabele 2011. aasta seisuga**

[illegible]

## Lisa 2. Raielangi KS152, eraldis 19 raie-eelne kirjeldus Metsaregistris seisuga 18. detsember 2015



### Lisa 3. Raielangi KS153, eraldis 5 raie-eelne kirjeldus Metsaregistris seisuga 20. juuli 2016



#### **Lisa 4. Harvester Ponsse Scorpion King tehnilised andmed**

##### **Mass ja mõõtmed:**

Minimaalne kaal: 21300 kg

Tavapärane kaal: 22500 kg

Pikkus: 8020 mm

Laius: 2690-3085 mm

Kliirens: 655 mm

##### **Kraana:**

Tüüp: C50

Pöördemoment: 57 kNm

Kaldenurk:  $\pm 15^\circ$ ,  $\pm 12^\circ$

Pöördenurk:  $280^\circ$

Tõstemoment: 252 kNm

Noole ulatus: 10 m / 11 m

##### **Mootor:**

Nimi: MB 0M936LA EU Stage V / Tier 4 Final

Mootori võimsus: 210 kW

Mootori pöördemoment: 1200 Nm

Veojõud: 180 kN

Kütusepaagi mahutavus: 320 – 410 l

**Hüdrauliline süsteem:**

Juhtimissüsteem: PONSSE OptiControl

Hüdraulikasüsteemid: Harvesteri peal ja kraanal eraldi hüdraulikasüsteemid

Kraana pump: 145 cm<sup>3</sup>

Harvesteripea pump: 190 cm<sup>3</sup>

Hüdraulika õlipaagi mahutavus: 280 l

**Rehvid:**

Esimesed rehvid: 26,5''

Tagumised rehvid: 26,5''



## **Lisa 5. Harvesteri lõikepea Ponsse H7 tehnilised andmed**

### **Mõõtmed:**

Minimaalne kaal: 1150 kg

Pikkus: 1500 mm

Laius: 1540 mm

Kõrgus ilma rotaatorita: 1680 mm

### **Etteandmisrullikud:**

Etteandmissüsteem: 3 rullikut

Etteandejõud: 30 kN

Etteandekiirus: 5 m/s

Maksimaalne lõikepea ava laius: 650 mm

### **Saeseadeldis:**

Saeplaadi pikkus: 750 mm / 820 mm / 900 mm

Lõike diameeter: 640 mm / 720 mm / 800 mm

Lõikekett: 0,404''

### **Laasimisseadeldis:**

Nugade arv: 4+1+1

Esimeste nugade maksimaalne avanemine: 640 mm

Tagumiste nugade maksimaalne avanemine: 750 mm

**Muu:**

Mõõtmisseade: PONSSE Opti4G

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, \_\_\_\_\_,  
(*autori nimi*)

sünniaeg \_\_\_\_\_,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_,  
(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja(d) on \_\_\_\_\_,  
(*juhendaja(te) nimi*)

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor \_\_\_\_\_  
(*allkiri*)

Tartu, \_\_\_\_\_  
(*kuupäev*)

---

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_  
(*juhendaja nimi ja allkiri*)

\_\_\_\_\_  
(*kuupäev*)

\_\_\_\_\_  
(*juhendaja nimi ja allkiri*)

\_\_\_\_\_  
(*kuupäev*)